

Chapitre 9.

RETOUR SUR HYPOTHÈSES

« La théorie est l'hypothèse vérifiée après qu'elle ait été soumise au contrôle du raisonnement et de la critique. Une théorie, pour rester bonne, doit toujours se modifier avec le progrès de la science et demeurer constamment soumise à la vérification et la critique des faits nouveaux qui apparaissent. Si l'on considérait une théorie comme parfaite, et si on cessait de la vérifier par l'expérience scientifique, elle deviendrait une doctrine. » Claude BERNARD, Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, 3^{ème} partie, chapitre IV, paragraphe IV (1865).

Nous avons formulé au début du premier chapitre quatre hypothèses avant de décrire la cinématique du pédalage. Elles ont été utiles pour cheminer vers la cinétique, abordée au chapitre 7. Les corrections à leur apporter sont minimales et ne changent rien à la rigueur de l'analyse et du raisonnement, ni aux conclusions, du moins sur le plan théorique, car il y a quelques conséquences pratiques importantes.

9.1. LE CYCLISTE NE PÉDALE PAS TOUJOURS ASSIS SUR UNE BICYCLETTE

Depuis le 1^{er} chapitre nous examinons le positionnement réciproque et le pédalage d'un cycliste et d'une bicyclette sur laquelle il est assis. Il existe d'autres positions, que nous avons évoquées en 1.2.2.2 et 1.3.4.3, que nous allons décrire ici et examinerons du point de vue de l'aérodynamisme au chapitre 12. Nous évoquerons la technique de pédalage « en danseuse », qui ne s'effectue pas assis sur une selle de bicyclette, au paragraphe 9.2.

9.1.5.1. La position couchée sur le dos

Elle n'est pas rare et a la faveur de certains compétiteurs et de voyageurs à bicyclette. Car elle est confortable, si le vélo est bien réglé, et aérodynamique. Agréable sur terrain plat, sublime dans les descentes une fois que l'on sait bien piloter l'engin, la position couchée sur le dos est moins performante dans les montées. Ce n'est pas dû au poids de la bicyclette qui peut être très faible mais, à notre avis, à l'impossibilité de mobiliser la chaîne motrice qui va des mains aux pieds, telle que nous allons la décrire dans la suite de ce chapitre. Pour vous en assurer, plongez vous dans le paragraphe 9.2 et revenez à notre bicyclette couchée.



Figure 9.9. La position couchée sur le dos. Agréable et efficace sur le plat, sublime en descente, moins performante en montée.

La distance entre l'axe de flexion-extension H de la hanche et l'axe Ψ du pédalier ne change pas par rapport à la position assise. Il en est de même de la longueur des manivelles. Le travail du genou reste donc identique. Selon la forme du cadre et du siège, le buste et le bassin peuvent être plus ou moins horizontal. Disons que la hanche est en moyenne plutôt un peu plus fléchie, ce qui est favorable.

Mais il n'y a pas de véritable point d'ancrage des mains et donc de mise en action optimale des épaules, du rachis, de l'abdomen... Dans la montée d'un col, l'aérodynamisme ne sert plus à grand chose, le seul obstacle devient la pente de la route qui ne se vainc que par l'efficacité du pédalage et la mobilisation coordonnée de tous les muscles.

9.1.5.2. La position à plat ventre

Plus rare, cette position est utilisée pour la recherche de performances chronométrées car elle permet un aérodynamisme idéal et même un carénage parfait.

On peut faire les mêmes remarques que pour la position couchée sur le dos en ce qui concerne la longueur des manivelles et la distance entre l'axe de flexion-extension de la hanche et l'axe du pédalier : Pas de changement du travail du genou par rapport au pédalage assis, si la position est bien réglée. La hanche est plutôt moins fléchie mais ce n'est pas très sensible. Par contre, l'accroche des mains et la mobilisation du tronc et des membres supérieurs peuvent être de bonne qualité. Ce n'est cependant pas la position idéale pour l'appareil respiratoire car elle gêne l'expansion de la cage thoracique et le remplissage des poumons.

L'analyse de ces positions couchées nous permet de réaffirmer les points suivants :

- Par rapport au genou, il y a une distance idéale entre l'axe de flexion-extension de la hanche et l'axe du pédalier et une longueur idéale des manivelles, quelque soit la position par ailleurs.
- Seul le travail de la hanche peut donc être modifié par telle ou telle position. C'est important mais moins essentiel.
- Le reste est un compromis entre aérodynamisme, bonne accroche des mains, répartition du poids et règlements fédéraux !

Nous allons préciser cela et reviendrons sur la mise en œuvre des réglages de la position au chapitre 15.

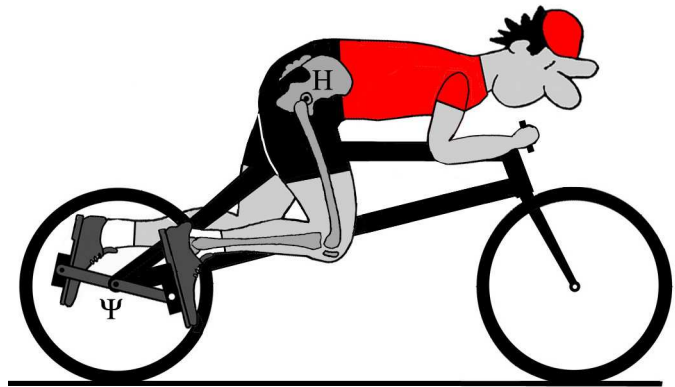


Figure 9.10. Position couchée sur le ventre.
A la recherche d'une performance chronométrée.

9.2. LE BASSIN N'EST PAS TOUJOURS FIXE ET VERTICAL SUR LA SELLE

9.2.1. LA FIXITÉ DE BASSIN EST RELATIVE

Il y a au moins cinq raisons pour que le bassin ne soit pas immobile sur la selle.

1 - Le bassin n'est pas attaché ni collé à la selle par des sangles ou des blocages quelconques. Il peut donc se lever de la selle ou glisser dessus.

2 - La nécessaire liberté des mouvements impose que les frottements entre le collant (la culotte spéciale du cycliste) et la selle soient peu importants. Pas nuls, le cycliste ne doit pas être assis sur une savonnette, mais suffisamment faibles pour ne pas échauffer l'épiderme dans les zones de frottement : périnée ou face interne des cuisses.

3 - Le bassin est soumis à des forces importantes liées au pédalage. Il s'agit, d'une part, des forces dues à l'action des extenseurs de la hanche sur le bassin (nous allons y revenir ci-dessous) et, d'autre part, de la force de réaction $F_{\text{pédale}}$ due à l'application de la force motrice F_{MI} sur la pédale. $F_{\text{pédale}}$ a été décrite en 7.4.2.1. Elle peut être décomposée, au niveau du bassin, en deux composantes verticale et horizontale (figure 9.1), qui tendent à soulever le bassin de la selle, et à le reculer. Le poids de la partie haute du corps, réparti pour les 2/3 sur la selle, s'oppose à la composante verticale et l'ancrage des mains sur le cintre s'oppose au recul du bassin (voir en 9.3).

4 - La force de réaction $F_{\text{pédale}}$ n'est pas constante en intensité, en direction et en sens, au cours du cycle du pédalage. Si l'on rentre dans le détail, voici une quatrième raison, essentielle. L'intensité de $F_{\text{pédale}}$ est maximale quand le pied est vers 60 à 90° de révolution de la pédale, en avant, minimale en arrière et aux deux passages critiques bas et haut. Reportez-vous à la figure 7.31 pour en avoir la visualisation graphique. De 60 à 90°, sa direction est la droite HP, passant par l'articulation de la hanche et l'axe de la pédale, et son sens tend à soulever le bassin.

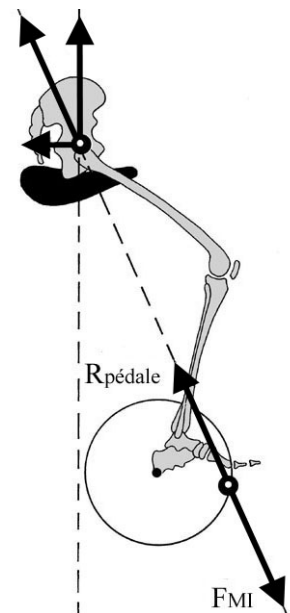


Figure 9.1. La force de réaction de la pédale tend à faire bouger le bassin dans tous les sens.

Au passage critique bas, sa direction est quasi horizontale et son sens pousse le bassin en avant. En arrière de l'axe du pédalier, la force de réaction sur le bassin est quasi verticale et tend à tirer le bassin vers le bas. Au passage critique haut, elle redevient horizontale, pour pousser le bassin vers l'arrière.

5 - Le mouvement de pédalage n'est pas symétrique et il s'effectue avec les deux membres inférieurs. Quand un membre inférieur est en extension, l'autre est en flexion. Un membre inférieur pousse, l'autre tire. Il en résulte des mouvements, discrets mais réels et pas totalement compensés, du bassin à chaque tour de pédalier. Ces mouvements se déroulent autour des axes sagittal et vertical du bassin. Nous allons voir ci-dessous qu'il y a aussi des mouvements autour de l'axe transversal.

Le bassin bouge donc légèrement dans trois sens. Très peu de haut en bas, de quelques millimètres d'avant en arrière, de quelques degrés en bascule latérale et antéro-postérieure. La mobilité du bassin est d'autant plus grande que l'effort est plus important. Le geste de pédalage est plus efficace s'il gomme les mouvements parasites, c'est-à-dire inutiles par rapport à la finalité du pédalage, nous ne le répèterons jamais assez. Seuls les mouvements des membres inférieurs sont directement utiles au pédalage. Il faut donc maîtriser LE geste. Cela nécessite entraînement et coordination.

9.2.2. LA VERTICALITÉ DU BASSIN N'EST PAS CONSTANTE ET LA SELLE N'EST PAS TOUJOURS HORIZONTALE

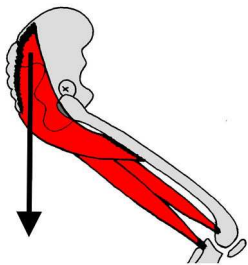


Figure 9.2. Les extenseurs de la hanche tendent à basculer le bassin en arrière

Nous venons de voir que le bassin ne reste pas totalement vertical dans le plan sagittal puisqu'il bascule légèrement d'un côté et de l'autre à chaque tour de pédalier. De même, il n'est pas toujours vertical dans le plan frontal, pouvant basculer en arrière et surtout en avant. L'action des extenseurs de la hanche sur le bassin tend à le basculer en arrière (figure 9.2). Ce sont des muscles très puissants et très sollicités pendant le pédalage. Et pendant qu'un côté du bassin est soumis à l'action des extenseurs, l'autre côté l'est à l'action des fléchisseurs, qui tendent au contraire à basculer le bassin en avant. Même s'ils sont moins puissants, il est évident qu'il faut assurer la stabilité du bassin. Nous allons voir, plus loin, que le bassin s'incline en avant dans le pédalage en danseuse, dans la position du triathlète, mains en bas du guidon ou si le cintre est situé beaucoup plus bas que la selle mais

cela ne concerne que les coureurs. Cette inclinaison est plus fréquente chez les femmes à cause d'une courbure lombaire (le creux des reins) plus marquée que celle des hommes. Mais au fond, qu'importe ! Si le bassin n'est pas vertical, c'est plutôt pour être incliné en avant, ce qui est favorable pour le travail de la hanche puisque cette position accentue la flexion de l'articulation, comme nous l'avons vu.

Chez les hommes, la selle est le plus souvent légèrement relevée de son bec, pour éviter de glisser en avant. En général, elle est horizontale, voire un peu plus basse en avant, chez les femmes, pour diminuer les pressions sur un périnée plus fragile et plus sensible que celui de l'homme.

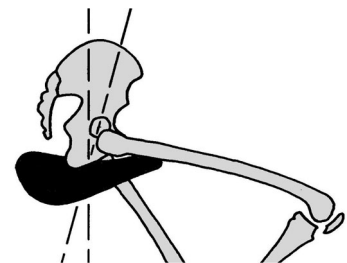


Figure 9.3. Certaines positions inclinent le bassin en avant.



Figure 9.4. La danseuse : 4 points d'appui au lieu de 5.

9.2.3. LA DANSEUSE DÉLAISSE LA SELLE

La danseuse est une technique de pédalage utilisée par tous les cyclistes, coureurs, cyclotouristes, vététistes, cyclistes du dimanche, facteurs...

9.2.3.1. Description

Pédaler en danseuse consiste à se lever sur les pédales, à quitter l'appui de la selle et à déplacer le poids de son corps vers l'avant (figure 9.4). Les mains empoignent les cocottes des freins, ou encore, plus rarement, le bas du cintre. Le cycliste pédale en portant son poids sur la pédale descendante, tout en tirant verticalement sur le cintre, du même côté et sur la pédale controlatérale. Pendant le pédalage en danseuse, le vélo bascule légèrement d'un côté à l'autre, vers la pédale en position haute.

Le corps du cycliste bascule lui aussi, mais d'une manière moins importante et du côté opposé. Il maintient ainsi la verticale du centre de gravité à peu près sur le segment joignant les deux points de contact des roues avec la route. Nous y reviendrons, en 10.1.4. Nous verrons aussi que le pédalage en danseuse élève le centre de gravité en permanence et le fait osciller verticalement à chaque tour de pédale. Cela entraîne un coût énergétique (voir en 11.2, en 11.4 et au chapitre 17).

L'amplitude des mouvements de la cheville augmente, tant pour franchir les passages critiques bas et haut que pour accompagner l'effort d'extension du membre inférieur, dans une synergie et une solidarité des trois articulations. De même, l'amplitude des mouvements de la hanche augmente en conséquence de l'accroissement du travail de la cheville. La flexion moyenne de la hanche est plus marquée, à cause de l'inclinaison du bassin en avant, qui ferme l'angle entre la cuisse et le tronc. Mais les effets les plus importants portent sur le genou. Les amplitudes de travail de cette articulation augmentent beaucoup et la zone de travail du genou se déplace vers une position moins fléchie. Si l'on reprend la méthode exposée en 8.2 et l'on utilise l'échelle de 5 % proposée, on a les résultats suivants :

	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone travail	Amplitude	Zone travail
Danseuse	+++	---	+	++

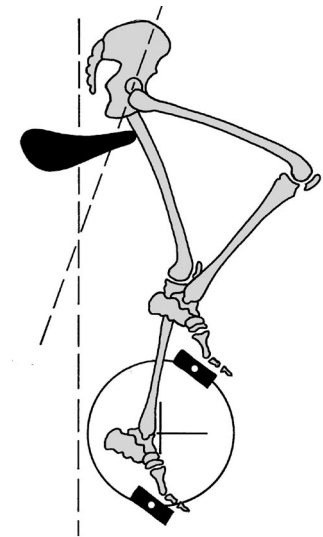


Figure 9.5. En danseuse.
Les genoux sont moins fléchis
et les hanches plus fléchies.

9.2.3.2. Analyse

Les variations des mouvements articulaires des membres inférieurs sont donc très importantes pendant le pédalage en danseuse. Elles touchent les trois articulations. Mais si la danseuse apparaît comme une technique favorable au travail des extenseurs de la hanche, elle ne met pas les extenseurs du genou dans les meilleures conditions. En danseuse, ce sont les quadriceps sont rapidement perçus d'une manière plus ou moins douloureuse, pas les fessiers. Pendant le pédalage en danseuse, les fléchisseurs sont très sollicités et les cales sous les chaussures sont indispensables à un geste pleinement efficace. Mais ce sont les fléchisseurs du genou qui sont en position favorable, plus que les fléchisseurs de la hanche. Enfin, les muscles de la cheville sont eux aussi très sollicités, tant pour l'extension que pour la flexion.

Le centre de gravité se déplace en avant et légèrement en haut, comme nous le verrons au chapitre 10. Cela diminue le poids sur la roue arrière et donc son adhérence. La danseuse doit se pratiquer avec précaution sur les routes glissantes ou quand il y a du gravillon. La position relevée diminue l'aérodynamisme (voir en 12.1.2.2). Les mouvements sont plus amples et ne sont plus limités aux seuls membres inférieurs. Ils sont difficiles à coordonner et provoquent une réelle débauche d'énergie cinétique. Il n'est pas possible de pédaler en danseuse avec une fréquence de pédalage élevée. Nous reviendrons sur ce point au chapitre 14.

Au total, un cycliste qui pédale en danseuse utilise beaucoup sa force musculaire et mobilise tous les muscles utiles au pédalage, y compris ceux du tronc et des membres supérieurs (que nous allons aborder plus bas). La consommation d'énergie augmente, et donc la fréquence cardiaque, aux dépens du rendement général. La danseuse est efficace mais elle n'est pas un mode de pédalage économique. Le genou y travaille avec des amplitudes trop grandes et pas assez fléchies, notamment dans la zone mettant en jeu la rotation automatique du tibia (voir en 4.3.7). Ce sont autant d'arguments pour dire que la danseuse ne peut être utilisée longtemps. Elle permet de soulager le fessier à la suite d'un appui trop prolongé sur la selle. Elle permet de détendre certains muscles en changeant provisoirement leur manière de travailler. Elle permet enfin et surtout de relancer l'allure, dans une montée de col ou au tout début d'un sprint. On l'utilise aussi quand on démarre d'un feu rouge ou d'une halte au bord de la route. Bref, la danseuse est utile, mais à consommer avec modération.

9.2.4. LA POSITION DU TRIATHLÈTE INCLINE LE BASSIN

Le triathlon est une discipline pratiquée en compétition, qui enchaîne trois épreuves, comme son nom l'indique : la natation, la course cycliste sur route et la course à pied. Les triathlètes ont inventé une position particulière pour la partie cycliste de leur épreuve qu'ils effectuent souvent comme un contre la montre. Les coureurs cyclistes les ont donc imités lors des épreuves solitaires contre le chronomètre. Cette position est exemplaire pour les enseignements que l'on peut en tirer.

9.2.4.1. Description

Le positionnement des membres supérieurs caractérise la posture du triathlète. Les mains et les avant-bras sont horizontaux, entrant en contact avec la direction de la bicyclette par deux points (quatre si on considère les deux membres supérieurs : figure 9.6.). La main tient, en avant du cintre, une poignée fixée sur un prolongateur. Les deux prolongateurs sont situés de part et d'autre du plan de symétrie, et convergent légèrement en avant (figure 9.7). L'avant-bras repose, dans sa moitié ou son tiers proche du coude, sur un support, plus ou moins rembourré, fixé au niveau de la partie haute et horizontale du cintre. Les deux supports sont situés à environ 20 cm l'un de

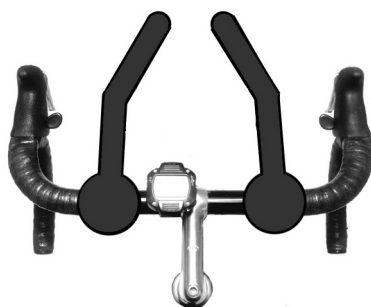


Figure 9.7. Les ajouts sur le cintre permettent la position du triathlète.

l'autre de part et d'autre de la potence. La position du triathlète est rendue possible, soit en ajoutant à son cintre un prolongateur spécial, soit en utilisant un cintre entièrement conçu à cet effet. Il en résulte que le bras est vertical ou légèrement incliné en bas et en avant. Le tronc est fortement penché, presque horizontal, le cou est en hyper-extension et le bassin incliné en avant. La bascule du bassin se fait autour d'un axe passant par les deux ischions.

Les membres inférieurs sont dans la même position que dans le pédalage normal, par rapport à la hanche et à l'axe de pédalier. Mais les adeptes de cette position, notamment les triathlètes, règlent souvent leur selle très en avant, pour être aérodynamiques et parce qu'ils ont un appui « confortable », ou du moins stable, sur le cintre.

Pendant le pédalage, la partie haute du corps reste immobile. Le vélo ne bascule que très peu d'un côté à l'autre, comme dans le pédalage normal. Les mouvements de la cheville sont inchangés. Les effets sur le genou sont négligeables. Les amplitudes des mouvements de la hanche ne changent pas. Mais la flexion moyenne de la hanche augmente beaucoup (figure 9.8). Comme pour le pédalage en danseuse, la seule raison en est l'inclinaison du bassin. Voici la synthèse, à la même échelle que pour la danseuse :

	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone travail	Amplitude	Zone travail
Triathlète	0	0	0	++++

9.2.4.2. Analyse

La position du triathlète est donc favorable au travail des extenseurs de la hanche. Et même si elle l'est moins pour les fléchisseurs de cette articulation proximale on peut considérer que c'est une excellente chose. Ce n'est pas son seul avantage. Elle améliore, en effet, l'aérodynamisme du cycliste en diminuant sa surface frontale, tant sur le diamètre vertical que sur le diamètre horizontal. Nous aborderons ce problème au chapitre 12 sur les frottements (en 12.1.4). Mais surtout, elle bloque solidement la position du bassin sur la selle en verrouillant sa fixation par les bras et le tronc. Le mouvement de pédalage est d'autant plus efficace qu'il s'effectue à partir d'un bassin bien stable, nous en avons largement parlé.

La position du triathlète est relativement inconfortable, difficile à tenir longtemps. Elle ne convient pas aux cyclotouristes qui roulent de longues heures et ne sont pas obsédés par l'aérodynamisme. La position mains en bas du cintre a les mêmes avantages que celle du triathlète sur les conditions de travail de la hanche, sans obérer le travail du genou et de la cheville, car elle bascule légèrement le bassin en avant. Elle améliore aussi l'aérodynamisme, mais nettement moins. Par contre, elle ne stabilise pas la position du bassin sur la selle comme le fait la position du triathlète.



Figure 9.6. Position de triathlète : Aérodynamique et verrouillée.

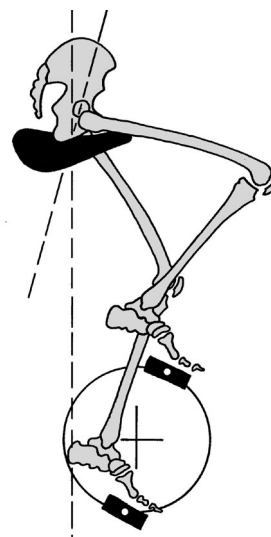


Figure 9.8. Position du triathlète. Le bassin est incliné en avant et la hanche est donc plus fléchie.

9.3. LE PÉDALAGE NE S'EFFECTUE PAS QU'AVEC LES SEULS MEMBRES INFÉRIEURS



Figure 9.11. La fixité du bassin est due à la mobilisation de tout le haut du corps et à l'ancrage des mains sur le cintre.

Voici plus de cent pages que nous décrivons le mouvement des membres inférieurs du cycliste. Il n'y a aucun doute, l'essentiel de la force fournie pour permettre le déplacement du cycliste et de sa monture vient du travail musculaire des membres inférieurs. Mais celui-ci n'est efficace que dans certaines conditions qui impliquent la mobilisation des membres supérieurs, du tronc, de tout le cycliste.

Le travail du membre inférieur s'effectue à partir d'un point d'appui, le bassin, qui doit être le plus fixe possible pour éviter les mouvements parasites. Les muscles des membres supérieurs et du tronc servent, entre autres tâches, au maintien du bassin (figure 9.9). Ceci est d'autant plus vrai que l'effort est plus intense. Ces muscles agissent en chaîne. Les mains s'accrochent au cintre, les muscles des poignets, des coudes et des épaules se mobilisent. Tous les haubans ou ceintures qui consolident ou assistent la colonne vertébrale et maintiennent le tronc participent à l'action commune.

Dans ce paragraphe nous présenterons quelques coupes anatomiques schématiques, dans la même finalité qu'au chapitre 5. Ce sont des coupes « horizontales », ni complètes, ni détaillées mais qui donnent une idée de l'importance des muscles et de leurs fonctions.

N° 1 : Poignet au niveau du carpe.

N° 2 : Avant-bras au 1/3 moyen.

N° 3 : Coude droit.

N° 4 : Bras au 1/3 moyen.

N° 5 : Épaule, région axillaire.

N° 6 : Paroi abdominale au dessus des os iliaques.

N° 7 : Héli-thorax an niveau de la sixième dorsale.

N° 8 : Cou au niveau de la cinquième vertèbre cervicale.

D'une manière quasi-arbitraire nous ne présenterons que quelques muscles intervenant au niveau du membre supérieur ou du tronc, ceux qui nous paraissent importants pour le cycliste. La multitude des autres muscles sera passée sous silence parce que leur description n'amènerait rien de plus à la compréhension de la biomécanique du pédalage.



Figure 9.12. Brefs retours sur l'anatomie, en huit coupes des membres supérieurs, du tronc et du cou.

9.3.1. MOBILISATION DE LA MAIN

9.3.1.1. Fonctionnement schématique de la main

La main est l'extrémité effectrice du membre supérieur. Elle fait suite au poignet qui l'articule avec l'avant-bras. Prolongation fonctionnelle du cerveau, elle est un merveilleux outil, capable d'exécuter d'innombrables travaux grâce à sa fonction essentielle : la préhension. Mais elle est aussi un récepteur sensoriel ultrasensible et précis permettant de percevoir l'espace. C'est elle qui saisit le cintre pour diriger la bicyclette et pour compléter et stabiliser les points d'appui du cycliste. La stabilité du bassin dépend de ce point d'ancrage.

Elle présente une face palmaire antérieure, une face dorsale postérieure et cinq doigts : le pouce à l'intérieur, l'index, le majeur, l'annulaire et l'auriculaire. La face palmaire de la main est divisée en trois régions : la paume proprement dite, l'éminence thénar, charnue, à la racine du pouce, et l'éminence hypothénar en dedans. Les doigts peuvent se fléchir au niveau de chacune de leurs phalanges. Le pouce présente une caractéristique majeure : il peut se mettre en opposition par rapport aux autres doigts. Les muscles qui permettent les mouvements de la main sont situés dans la main elle-même ou dans l'avant-bras. Ils sont très nombreux ce qui s'explique par la complexité des gestes que la main peut effectuer.

9.3.1.2. La préhension du cintre

La préhension du cintre se fait à pleine paume, quelque soit l'endroit où il est saisi. Les doigts se referment sur le cintre ou la cocotte et le pouce vient en opposition verrouiller la prise. Dans une typologie de la manière de saisir le cintre, on peut proposer trois positions de prise de cintre : en haut avec trois variantes (1-a, 1-b et 1-c), aux cocottes avec deux variantes (2-a et 2-b) et une en bas (3). Nous aborderons à nouveau cela en 15.6.1.1.

Mains en haut du cintre

1-a : Dans la première position « en haut du cintre » les mains saisissent la partie haute, rectiligne et transversale du cintre. La main est en pronation maximale (voir plus bas en 9.2.2.3) et le coude est écarté par une discrète abduction et rotation interne de l'épaule. Cette position est utilisée par les cyclotouristes ou dans les montées, quand les frottements avec l'air n'ont pas d'importance Elle permet de bien tirer sur le guidon et donne un solide point d'appui pour les muscles respirateurs supérieurs.

1-b : Position identique, mais la main se pose sur la courbure du cintre. Le coude est encore plus écarté (abduction et rotation interne de l'épaule). Il s'agit de la position d'effort en montée.

1-c : La main empaume par le coté le cintre au niveau de sa partie extérieure sagittale. Elle est en position intermédiaire, paume regardant vers l'intérieur. Position décontractée, utilisée dans les efforts modérés ou simplement pour varier ses appuis.

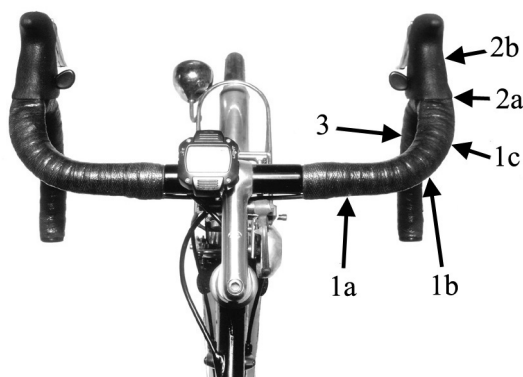


Figure 9.13. Les six positions des mains permettant une bonne tenue du cintre, selon les besoins.

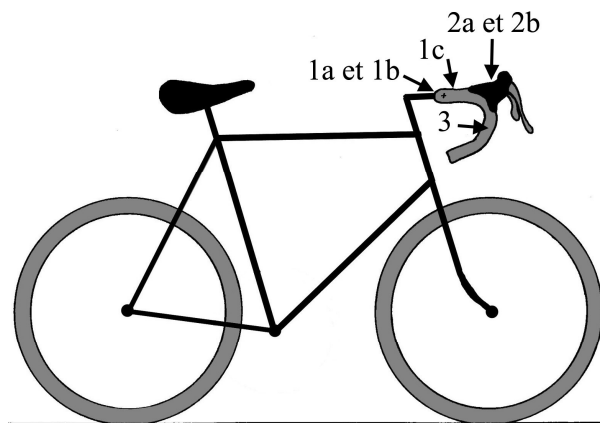


Figure 9.14. Même chose que dans la figure 9.11. Vue de profil des six manières de prendre le cintre.

Mains aux cocottes

2-a : La première position « mains aux cocottes » se fait main en pronation, paume regardant vers le bas, le creux de la fourche formée par le pouce et l'index venant passivement buter sur la partie haute de la cocotte de frein. Les deux éminences thénar et hypothénar sont de part et d'autre du cintre. C'est une position à la fois confortable, décontractée et relativement aérodynamique. Elle est d'autant plus confortable que les cocottes sont placées suffisamment hautes sur le cintre (nous reverrons cela en 15.6.3.2 et en 15.8.1).

2-b : Dans cette position « mains aux cocottes » les cocottes sont saisies fermement, entre le cintre et le levier de frein, par la pince du pouce en opposition avec les autres doigts. La paume regarde vers l'intérieur, elle est en contact avec le cintre et la partie externe de la cocotte. Le poignet est légèrement cassé en adduction (inclinaison vers le cubitus, du côté de l'auriculaire). Assis sur la selle, c'est une position d'effort, en recherche d'aérodynamisme, proche de celle du triathlète (vue plus haut en 9.1.4). Elle est aussi presque toujours utilisée dans le pédalage en danseuse (sans casser le poignet) pour bien tenir le cintre et tirer dessus.

Mains en bas du cintre

3 : La dernière position « en bas du cintre » permet d'en saisir à pleine main la partie basse et profonde. La main est en position neutre, comme le poignet. Il s'agit d'une position de recherche d'aérodynamisme, utilisée dans les descentes ou contre le vent. Elle permet aussi de bien tenir le cintre et de bien maîtriser la direction à grande vitesse. C'est la meilleure et la plus sûre position pour le freinage.

9.3.1.3. Autres rôles de la main chez le cycliste

Car la main joue un deuxième rôle essentiel chez le cycliste : le freinage. Les poignées de freins sont saisies par les 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} doigts, le pouce venant verrouiller la prise sur la partie basse du cintre (3). Quelquefois, mais c'est moins efficace et donc dangereux, les cyclistes freinent à partir de la position mains aux cocottes (2-b) en utilisant la seule force de flexion de l'index, du majeur et éventuellement de l'annulaire. Nous reverrons cela en 15.8.1.

Troisième action de la main : les changements de vitesse. Les manettes de dérailleurs sont soit intégrées aux poignées de freins, soit fixées sur le tube diagonal du cadre. Sur les manettes de dérailleurs intégrées aux poignées de freins, le mécanisme varie suivant la marque. D'une manière générale, la montée sur un plus grand pignon ou sur un plus grand plateau se fait grâce à une flexion de l'index et/ou du majeur, uniquement dans les deux positions 2-b et 3.

La descente des vitesses se fait avec le pouce dans le système de Campagnolo et avec l'index ou le majeur dans le système de Shimano. Si les manettes de dérailleurs sont fixées sur le tube diagonal du cadre, leur maniement oblige à lâcher le cintre et se fait par une prise bi-digitale grâce à la pince du pouce et de l'index. Nous y reviendrons en 15.8.2.

Enfin, la main sert à actionner la sonnette (avec le pouce), à prendre de la nourriture dans la sacoche de guidon ou la poche de maillot, à saisir un bidon... Elle sert aussi à indiquer, en tendant le bras, que l'on va changer de direction...

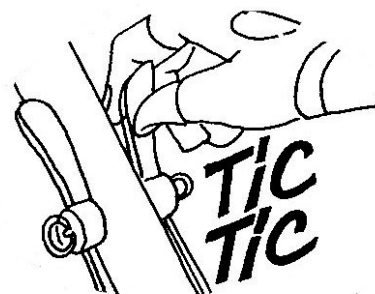


Figure 9.15. Les manettes de dérailleur.

9.3.2. MOBILISATION DU POIGNET ET DU COUDE

9.3.2.1. Description du poignet

Le poignet relie l'avant-bras à la main. C'est une articulation complexe associant le radius, le cubitus et les os du carpe. Sa fonction (partagée avec la prono-supination que nous verrons ci-dessous) est de présenter la main dans la meilleure position pour la préhension.

Le poignet possède deux degrés de liberté : Autour d'un premier axe (par convention transversal dans la position de référence dans laquelle la paume de la main regarde en avant) il permet des mouvements de flexion-extension de la main par rapport à l'avant-bras. La flexion rapproche la face palmaire de la main de la face antérieure de l'avant-bras et l'extension rapproche la face dorsale de la main de la face postérieure de l'avant-bras. L'amplitude de la flexion est d'un peu moins de 90° et celle de l'extension est identique.

Autour d'un deuxième axe (antéro-postérieur par convention) il permet des mouvements d'adduction et d'abduction. L'adduction rapproche le bord interne de la main (du côté de l'auriculaire) du bord cubital de l'avant bras, la main se rapproche du corps. L'adduction éloigne la main du corps et rapproche son bord radial (du côté du pouce) du bord radial de l'avant-bras. L'amplitude de l'adduction est d'environ 30° et celle de l'abduction d'à peine 15°.

Les muscles qui mobilisent l'articulation du poignet sont tous situés dans l'avant-bras (voir figure 9.16). Certains participent au fonctionnement interne de la main. Par exemple, le fléchisseur commun des doigts est aussi fléchisseur de la main en fin d'action.

9.3.2.2. Le poignet du cycliste

Par rapport au poignet, la main du cycliste est en position neutre ou légèrement étendue et en adduction dans les positions 1-c, 2-a et 2-b. Mais elle est aussi très souvent en hyperextension passive dans les deux premières positions, ce qui n'est pas souhaitable pour deux raisons : D'abord, le poignet ne joue plus aucun rôle d'amortisseur des chocs et vibrations venus de la route. Ensuite, il y a un risque de lésions articulaires, tendineuses et surtout nerveuses par compression des nerfs médian et cubital dans la gouttière de la face antérieure du poignet, le canal carpien (figures 9.14 et 9.15).

En cas de compression du nerf médian apparaissent des fourmillements, des douleurs voire des paralysies concernant le pouce, l'index et le majeur. En cas de compression du nerf cubital, ce sont l'annulaire et l'auriculaire qui sont touchés. Le nerf médian peut aussi souffrir dans les positions 1-c et 2-a, par compression directe, de haut en bas, sur le cintre. Dans les positions 1-a et 1-b, il faut s'habituer à rouler avec un poignet en position neutre ou légèrement étendue, d'une vingtaine de degré. Cela fait travailler les muscles fléchisseurs situés dans la face antérieure de l'avant-bras et il ne faut pas hésiter, si besoin, à faire de la musculation sur les fléchisseurs du poignet.

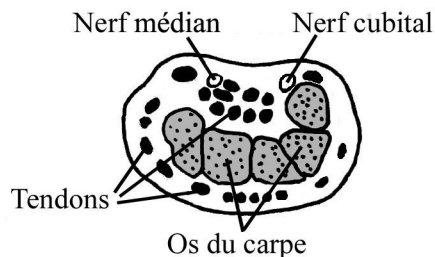


Figure 9.16. Dans le poignet coulisent des tendons et cheminent des nerfs.

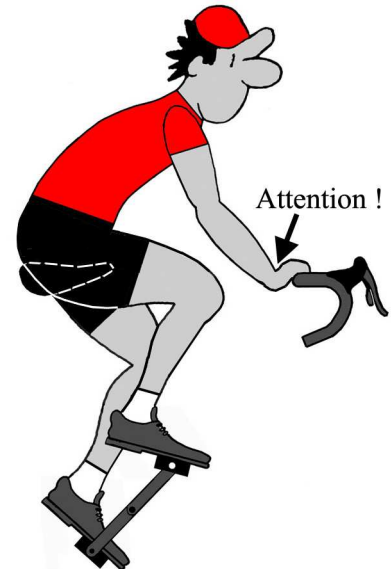


Figure 9.17. L'hyperextension du poignet peut entraîner une compression des nerfs radial et cubital.

9.3.2.3. Description du coude

Le coude est l'articulation entre l'humérus (os long du bras), le radius et le cubitus (os longs de l'avant-bras). Il permet la flexion-extension et la prono-supination que nous verrons plus bas.

L'articulation entre l'extrémité inférieure de l'humérus et l'extrémité supérieure du cubitus (incluant l'olécrane : l'os bien perceptible du coude) ne dispose que d'un seul degré de liberté, la flexion-extension.

C'est elle qui permet d'éloigner ou de rapprocher la main, pour manger par exemple. La position de référence est la position d'extension, comme pour le genou. À partir de cette position où l'axe de l'avant bras coïncide avec celui du bras, la flexion porte la face antérieure de l'avant-bras à la rencontre de la face antérieure du bras. Elle peut atteindre 145° et passivement 160°, le poignet ne vient donc jamais en contact de l'épaule. L'extension du coude est due au seul muscle triceps brachial, situé à l'arrière du bras. Les muscles fléchisseurs sont au nombre de trois, situés en avant du bras, ils sont dominés par le biceps brachial (figures 9.17 et 9.18).

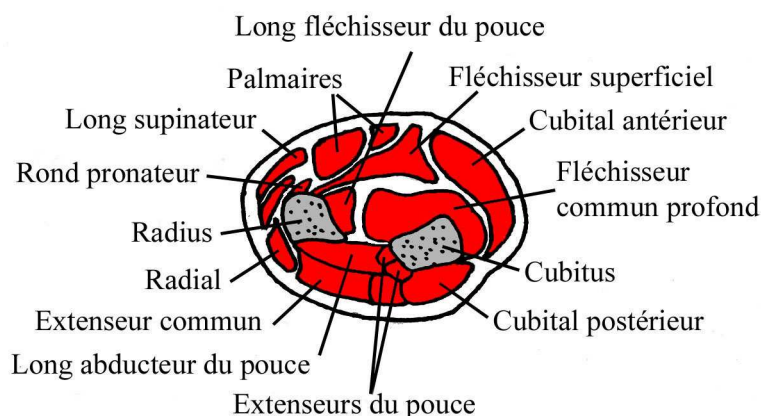


Figure 9.18. Avant-bras. Coupe du tiers moyen. Les deux os et les muscles. Les muscles qui sont en avant sont fléchisseurs du poignet et/ou des doigts. Ceux qui sont en arrière sont extenseurs.

- ⇒ *Le triceps brachial* : Muscle à trois chefs. La longue portion prend naissance sur l'omoplate, les deux autres (appelées vastes externe et interne) sur la diaphyse humérale. Le triceps se termine par un large tendon sur l'olécrane.
- ⇒ *Le biceps brachial* : C'est un muscle allongé et fusiforme, divisé en une courte et une longue portion qui se réunissent à la partie moyenne du bras. Ses deux chefs prennent naissance sur l'omoplate et il se termine par un fort tendon à l'extrémité supérieure du radius.

La prono-supination est le mouvement de rotation du poignet autour de l'axe longitudinal de l'avant-bras. Elle permet de présenter la main sous n'importe quel angle pour saisir ou soutenir un objet. En fait, le radius, qui supporte la main presque tout seul, tourne autour du cubitus qui est lié à l'humérus. Le mouvement de prono-supination s'effectue par la mobilisation des articulations radio-cubitales supérieure et inférieure et le l'articulation radio-humérale. Si l'on étudie ce mouvement (le coude fléchi à 90° pour ne pas mettre en jeu la rotation du bras à partir de l'épaule), la supination est la position dans laquelle la paume de la main regarde en haut, le pouce en dehors. Dans la pronation la paume de la main regarde en bas et le pouce est en dedans. Dans la position intermédiaire, de semi-pronation, la paume regarde en dedans et le pouce est en haut. Cette prono-supination est indispensable à une prise correcte du cintre, pour toutes les positions. Dans les positions 1a, 1b et 2a, la main est en pronation totale. Dans les positions 1c, 2b et 3, elle est en situation intermédiaire.

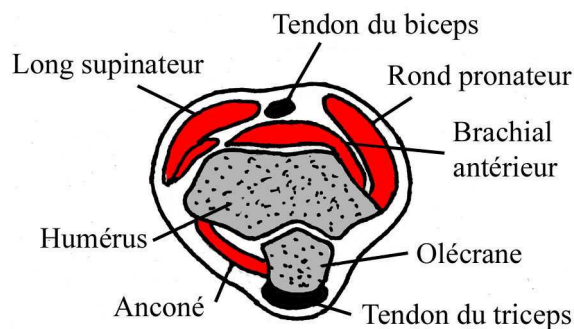


Figure 9.19. Coupe horizontale du coude. En avant, on trouve les fléchisseurs de l'avant-bras sur le bras. En arrière apparaît le tendon du seul extenseur du coude (le triceps).

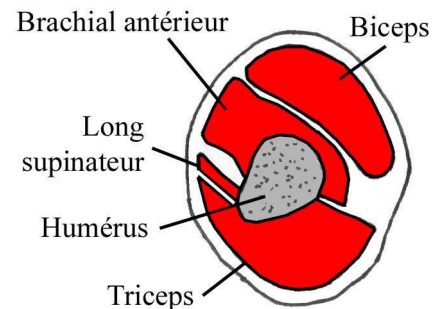


Figure 9.20. Coupe horizontale du bras. Un os, un extenseur et trois fléchisseurs.

9.3.2.4. Le coude du cycliste

Sur une bicyclette, le coude n'est jamais fléchi au-delà de 90°, et ce ne peut être que dans la position main en haut du cintre (PdC1) avec les avant-bras horizontaux. Sinon, cela veut dire que le vélo n'est pas assez long et/ou que la potence est trop courte. On reverra cela au chapitre 15 (en 15.2.3 et 15.6.2.2). Le coude doit toujours être un peu fléchi, d'environ 10 à 20°, pour qu'il joue son rôle de maintien et d'amortisseur. C'est au triceps brachial, extenseur du coude, d'assurer cette double tâche essentielle pour le confort. Les fléchisseurs du coude ne sont sollicités que si l'on tire beaucoup sur le cintre ou lors du pédalage en danseuse.

9.3.3. MOBILISATION DE L'ÉPAULE

9.3.3.1. L'articulation de l'épaule

L'épaule est la plus mobile de toutes les articulations du corps humain. En fait, ce n'est pas une articulation mais un complexe de quatre articulations.

L'articulation scapulo-humérale unit l'omoplate, qui est un os plat situé sur le côté et en arrière du thorax, et la tête humérale qui est l'extrémité supérieure de l'humérus. C'est une énarthrose (à trois degrés de liberté donc, voir en 4.1.3.1) qui ressemble à l'articulation de la hanche (voir en 4.4.1) à deux différences près.

Ce n'est pas une articulation aussi ancrée. L'épaule peut assez facilement se luxer. Nous avons vu que la hanche permet les mouvements du fémur en prenant appui sur un os stable et fixe, l'os iliaque inclu dans la ceinture pelvienne. L'épaule autorise les mouvements de l'humérus en prenant appui sur un os mobile, l'omoplate. Et c'est l'ensemble qui prend appui sur la cage thoracique et le rachis, via un intermédiaire osseux (la clavicule qui est un os long) et des intermédiaires musculaires. L'omoplate et la clavicule forment ainsi la ceinture scapulaire, qui n'est pas fermée comme l'est la ceinture pelvienne. Les trois autres articulations sont liées entre-elles dans leurs mouvements (figure 9.19). Elles contribuent, ensemble, aux trois degrés de liberté de l'épaule, en élargissant les amplitudes de l'articulation scapulo-humérale. Mais elles permettent aussi de lever (hausser les épaules) ou d'abaisser le moignon de l'épaule, de le projeter en avant ou en arrière.

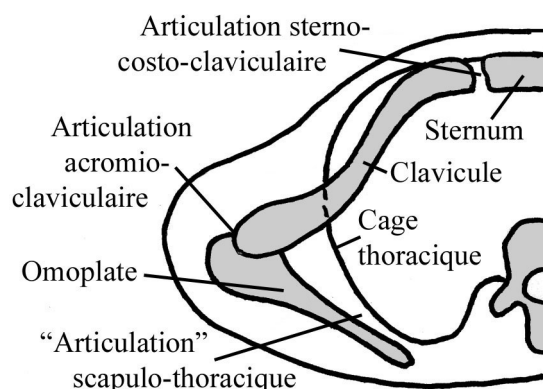


Figure 9.21. Représentation schématique de la ceinture scapulaire. Ceci n'est pas une coupe.

L'articulation acromio-claviculaire, entre l'omoplate (l'acromion est une excroissance de la surface de l'omoplate) et la clavicule est le siège de mouvements de faible amplitude qui permettent d'ouvrir ou de fermer l'angle entre l'omoplate en arrière et la clavicule en avant.

L'articulation sterno-costoclaviculaire, entre le sternum, le premier cartilage costal et la clavicule ressemble un peu à un cardan. Elle permet à la clavicule, et donc à la ceinture scapulaire et à l'épaule, de se porter en avant ou en arrière, en haut ou en bas.

L'articulation scapulo-thoracique, entre l'omoplate et la paroi postéro-externe du thorax est une fausse articulation, mais une vraie surface de glissement de l'omoplate sur la paroi thoracique. L'omoplate peut se déplacer en dedans, vers le rachis et devenir quasi-frontale. Elle peut contourner le thorax en se déplaçant en dehors et tendre à devenir sagittale. Elle peut glisser vers le haut ou vers le bas ou effectuer un mouvement « de sonnette » autour d'un axe perpendiculaire à son plan principal.

Dans la position de référence, debout, le membre supérieur est vertical, rappelons-le. Les mouvements de l'épaule sont amples et variés : Par rapport à un axe transversal, il effectue des mouvements de flexion-extension dans un plan sagittal. L'extension qui porte le bras en arrière est limitée à 45°. Par contre, l'amplitude de la flexion est de 180°. Par rapport à un axe sagittal, il permet adduction et abduction dans un plan frontal. L'adduction est très limitée puisque le bras butte contre le tronc, elle ne peut se faire qu'après une flexion. Elle ne dépasse pas 40°. Par contre, comme pour la flexion, l'amplitude de l'abduction atteint 180°. Flexion et abduction permettent de mettre le bras vertical au dessus du tronc. Par rapport à un axe vertical, il permet des mouvements de flexion-extension dans un plan horizontal (le bras étant en abduction de 90°). L'extension est alors limitée à 30° et la flexion peut atteindre 140°. Enfin, il autorise les rotations externe et interne autour de l'axe de l'humérus. La rotation interne atteint 100° et la rotation externe n'atteint jamais 90°.

9.3.3.2. Les muscles de l'épaule

Les muscles de l'épaule sont évidemment nombreux (figure 9.20). Nous n'en citerons que quatre.

⇒ *Le grand pectoral* : Muscle large et aplati, triangulaire situé sur la face antérieure du thorax. Il prend naissance sur la clavicule, le sternum, les 5 ou 6 premières côtes et la gaine du grand droit de l'abdomen. Ses fibres musculaires convergent pour se terminer par deux lames tendineuses sur la partie haute de la diaphyse humérale. Il est adducteur et rotateur interne du bras et, en s'appuyant sur l'humérus, il soulève le thorax et le corps entier.

⇒ *Le grand dentelé* : Il est large, aplati, quadrilatère et s'applique sur la paroi latérale du thorax. Il prend naissance sur les 10 premières côtes par des digitations bien visibles sur des sujets maigres et musclés. Il contourne la paroi thoracique pour se terminer sur tout le bord interne de la face antérieure de l'omoplate. Il tient l'omoplate appliquée sur le thorax et porte le moignon de l'épaule vers le haut. À l'inverse, en prenant appui sur l'omoplate, il élève les côtes et est donc inspirateur.

⇒ *Le grand dorsal* : C'est un muscle très large et aplati qui recouvre la partie postérieure et inférieure du tronc. Il naît sur le sacrum, la crête iliaque et les apophyses épineuses des 5 vertèbres lombaires et des 6 dernières vertèbres dorsales. Ses fibres contournent la région lombaire et le thorax et convergent vers un tendon aplati qui s'insère sur la partie haute de la diaphyse humérale, juste en arrière du grand pectoral. Il est adducteur, rotateur interne du bras, extenseur de l'épaule. En prenant appui sur l'humérus, il soulève le tronc.

⇒ *Le deltoïde* : Il est volumineux, épais, en forme de demi-cône à base supérieure. Il s'insère, en haut, sur la clavicule et sur l'omoplate. Les fibres musculaires descendent en convergeant vers la face externe de l'épaule et en formant une masse épaisse qui recouvre l'articulation scapulo-humérale, dont elles sont séparées par une vaste bourse séreuse sous-deltoïdienne. Il se termine sur la partie moyenne de la face externe de la diaphyse humérale. Il est essentiellement abducteur du bras, mais il peut être aussi légèrement fléchisseur ou même extenseur selon les fibres utilisées.

Il faut encore citer le trapèze que nous évoquerons à propos du rachis cervical.

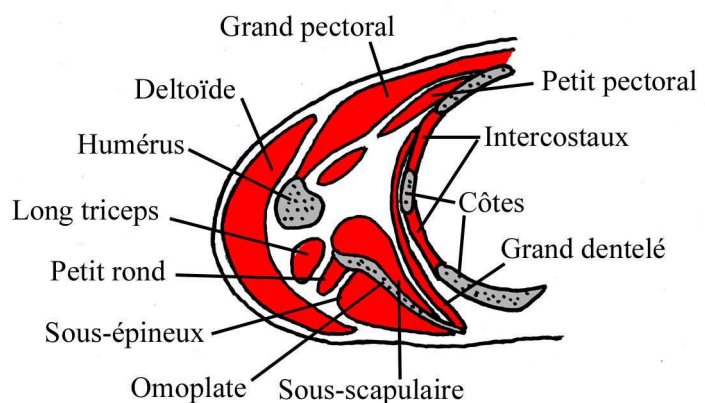


Figure 9.22. Coupe horizontale de l'épaule, juste au dessus du creux axillaire. On retrouve quelques muscles essentiels de l'épaule et on peut visualiser l'importance des masses musculaires.

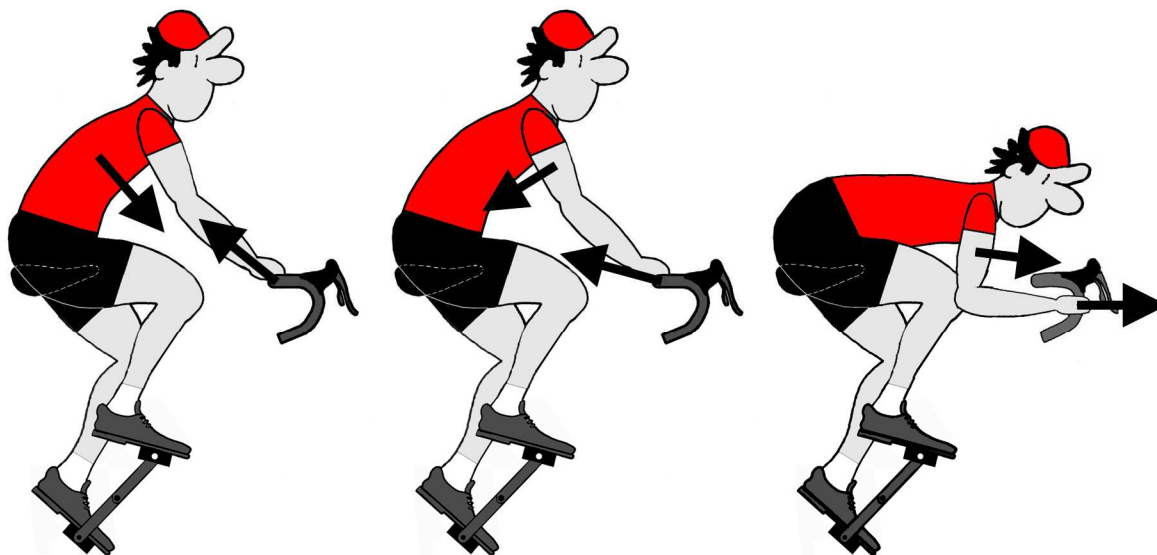
9.3.3.3. L'épaule du cycliste

On peut effectuer tous les mouvements de l'épaule pendant le pédalage, pour s'essuyer le front, pour indiquer un changement de direction ou prendre un biscuit dans la sacoche ou dans la poche du maillot, se peigner avant de franchir la ligne d'arrivée... Mais par rapport aux mouvements directement utiles dans le pédalage, l'épaule est au centre de la chaîne qui va de la main au bassin du cycliste.

D'une part, le tronc, incliné à 45° environ, ne doit pas tomber en avant. Il est certes un peu retenu par la contraction des muscles lombaires et même par la contraction des muscles extenseurs de la hanche qui tendent à basculer le bassin en arrière comme nous l'avons vu en 9.1.2. Mais ce sont surtout les membres supérieurs qui retiennent le tronc (figure 9.21).

Les os de l'avant-bras et du bras transmettent, passivement ou avec l'aide du travail des muscles du coude, la force de réaction du cintre sur la main. Il y a aussi une mobilisation des muscles de l'épaule. L'épaule du cycliste est fléchie d'environ 75 à 90° selon l'inclinaison du buste, la position des mains, la longueur de la potence et la hauteur du cintre (voir en 15.6). Il se porte souvent un peu en avant et peut présenter une abduction modérée et une légère rotation interne du bras dans les positions 1-a et 1-b, comme nous l'avons déjà évoqué.

Par l'effet du poids du tronc, la tendance serait donc à une luxation postérieure de l'épaule. Les muscles qui retiennent le tronc sont ceux qui assurent, en synergie, un bon maintien de la ceinture scapulaire sur le thorax (grand dentelé, grand dorsal, trapèze...) et une bonne coaptation de l'articulation scapulo-humérale. C'est le cas chez les cyclotouristes dont l'effort est modéré, même si le cintre est relativement haut et le tronc n'est pas autant incliné qu'en compétition.



Figures 9.23, 9.24 et 9.25. A gauche, le simple maintien de la position du tronc se fait grâce aux muscles de l'épaule. Pour empêcher le recul du bassin, le cycliste du milieu tire sur le cintre en mobilisant les extenseurs de l'épaule. Pour empêcher le bassin de glisser en avant, le cycliste, mains en bas du cintre, est quelquefois obligé de pousser sur le cintre en mobilisant les fléchisseurs de l'épaule.

À l'inverse, lors d'un pédalage très actif, notamment en montée, le bassin a tendance à reculer et, pour le fixer, le coureur tire sur le cintre (figure 9.22). Les muscles de l'épaule apportent leur contribution à la stabilité du tronc et du bassin d'une part en maintenant la ceinture scapulaire et en assurant la coaptation de la scapulo-humérale, d'autre part en mobilisant l'extension. Ceux qui prennent appui sur le thorax postérieur ou le rachis et sur l'humérus étendent l'articulation scapulo-humérale (faisceaux postérieurs du deltoïde, grand dorsal...). Ceux qui s'insèrent sur le rachis et sur l'omoplate assurent l'extension de l'épaule par le jeu de l'articulation scapulo-thoracique (faisceaux moyens du trapèze...).

Il arrive enfin que cycliste pousse sur le cintre pour que le bassin ne glisse pas en avant, notamment dans un pédalage à haute fréquence, les mains en bas du guidon (figure 9.23). Dans ce cas, ce sont les fléchisseurs de l'épaule qui sont sollicités : faisceaux antérieurs du deltoïde, grand pectoral, trapèze, grand dentelé...

L'épaule joue donc un rôle très important dans le maintien de la posture et est très sollicitée dans toutes les pratiques cyclistes. Il est donc nécessaire d'en prendre soin et d'entretenir sa musculature. Natation, aviron, ski de fond sont ainsi de très bons compléments du cyclisme car, outre leur entretien des fonctions cardio-respiratoires, ils font bien travailler les épaules et les muscles du rachis, notamment cervical.

9.3.4. MOBILISATION DE L'ENSEMBLE DU RACHIS

9.3.4.1. Qu'est-ce que le rachis ?

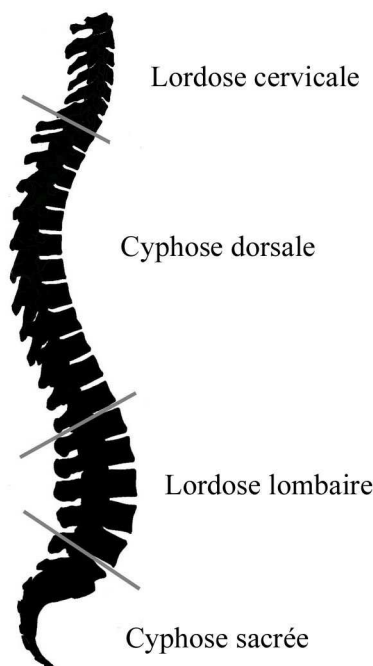


Figure 9.26. Le rachis dans son ensemble. 24 vertèbres libres et un parcours sinueux.

des disques intervertébraux et les vertèbres s'articulent ensemble, entre elles.

Le rachis est à la fois l'axe du corps et le protecteur de l'axe nerveux qui chemine dans le canal rachidien. On distingue quatre étages qui sont de haut en bas, cervical, dorsal, lombaire et sacro-coccygien. Vue de face, la colonne vertébrale normale est rectiligne. De profil elle présente quatre courbures (figure 9.24) : sacrée et dorsale concaves en avant, lombaire et cervicale concaves en arrière. La colonne vertébrale est formée, sur le plan osseux, d'un empilement de vertèbres : sept cervicales, douze dorsales et cinq lombaires. Les vertèbres sacrées et coccygiennes sont soudées entre elles pour former le sacrum et le coccyx.

9.2.4.2. Les vertèbres

Les vingt-quatre vertèbres libres sont composées en avant d'un corps vertébral cylindrique. En arrière, deux pédicules et deux lames forment un arc osseux qui, avec le corps, délimite le canal rachidien ou trou vertébral. Sur chacune, une apophyse épineuse se dirige en arrière et deux apophyses transverses se dirigent en dehors (figure 9.25). Les corps des vertèbres sont séparés par

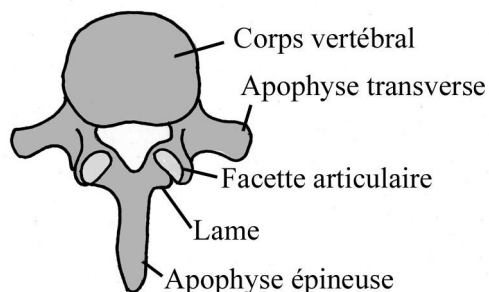


Figure 9.27. Portrait d'une vertèbre "standard".

9.3.4.3. Un axe haubané

Le rachis est un axe très fortement haubané par des ligaments nombreux et très solides qui unissent les vertèbres entre elles et par des muscles puissants et souvent volumineux. Nous donnerons quelques informations sur eux plus bas, pour chaque étage. Pris dans sa globalité, le rachis permet, chez un sujet jeune et souple, une extension totale en arrière de 140°, une flexion en avant de 110°, une inflexion latérale de 75° environ pour chaque côté et une rotation axiale d'environ 90° de chaque côté.

9.3.5. MOBILISATION DU RACHIS LOMBAIRE ET DE LA CEINTURE ABDOMINALE

9.3.5.1. Description du rachis lombaire

Le rachis lombaire est composé de cinq vertèbres épaisses et volumineuses. En position debout, il présente, dans le plan sagittal, une courbure concave en arrière, la lordose lombaire, plus accentuée chez la femme.

Les muscles postérieurs sont nombreux (figure 9.26). On y retrouve notamment les muscles spinaux ou para vertébraux et le grand dorsal, déjà évoqué à propos de l'épaule (en 9.2.3.2). Tous ces muscles ont une action d'extension du rachis, tout en accentuant la lordose lombaire. Ils jouent aussi un rôle dans l'expiration.

⇒ *Les muscles spinaux* : Ils sont logés dans les gouttières vertébrales. Très longs, ils relient entre elles les vertèbres sur tout le long du rachis et ont ainsi de multiples insertions.

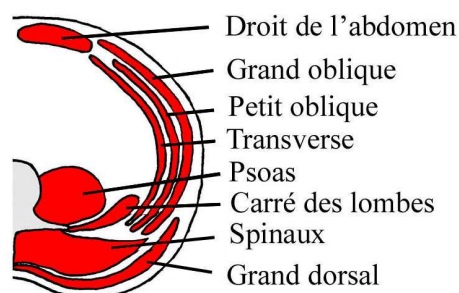


Figure 9.28. Coupe horizontale de l'abdomen entre côtes et crête iliaque (vue du dessus). On met en évidence certains muscles du rachis lombaire et ceux de la paroi abdominale.

Les muscles latéraux sont représentés essentiellement par le carré des lombes et le psoas, déjà été évoqué en 6.6, car il est fléchisseur de la hanche. Ce dernier, lorsqu'il s'appuie sur le fémur, provoque une inflexion latérale du tronc.

⇒ *Le carré des lombes* : Ce muscle puissant, aplati, quadrilatère s'étend dans la région lombaire, de la crête iliaque à la douzième côte et aux 5 vertèbres lombaires. Il provoque, en position debout, une inflexion latérale du tronc. En prenant son point d'appui sur la colonne lombaire, il incline le bassin de son côté.

Sur le côté en en avant de l'abdomen on trouve les muscles de la paroi abdominale. Ils permettent la rotation du tronc, sa flexion en avant, le redressement de la lordose lombaire. Ce sont aussi de très puissants muscles expirateurs accessoires.

⇒ *Les muscles de la paroi abdominale* : Ce sont le grand droit, le transverse, le petit et le grand obliques. Ils constituent chacun une partie de la paroi abdominale et travaillent en complémentarité. Ils s'insèrent en bas sur la ceinture pelvienne (pubis, crête iliaque), en arrière sur les vertèbres lombaires, en haut sur les dernières côtes et le sternum, et en avant sur un raphé tendineux médian (appelé ligne blanche) tendu du sternum au pubis.

9.3.5.2. Le rachis lombaire du cycliste

Sur un vélo, la courbure de la colonne vertébrale lombaire se redresse et va même jusqu'à s'inverser. La position à bicyclette, pendant le pédalage, sollicite les muscles du rachis lombaire, au sein d'une large solidarité de tous les muscles du tronc et des membres supérieurs, pour stabiliser le bassin. Les muscles postérieurs du tronc en synergie avec les muscles de la paroi abdominale assurent le maintien du bassin d'avant en arrière. Les muscles latéraux du tronc, carré des lombes et psoas, en assurent la stabilité latérale en prenant appui sur le rachis lombaire.

9.3.6. MOBILISATION DU RACHIS DORSAL ET DU THORAX

9.3.6.1. Description du rachis dorsal et du thorax

Le rachis dorsal est composé de 12 vertèbres. En position debout, il présente, dans le plan sagittal, une courbure convexe en arrière, qu'on appelle la cyphose dorsale. Toutes les vertèbres dorsales ont la particularité de s'articuler chacune avec deux côtes, une de chaque côté, qui forment, avec le sternum en avant, la cage thoracique qui est une structure déformable abritant et protégeant le système respiratoire et le cœur. Nous reviendrons sur la respiration au chapitre 13 (en 13.2.2.2).

9.3.6.2. Les muscles du rachis dorsal et du thorax

Les muscles de la région postérieure du tronc (spinaux et grand dorsal notamment) ont déjà été évoqués à propos du rachis lombaire. Ils ont une action dans l'extension du rachis dorsal. Les muscles de la région antéro-latérale du thorax ont déjà été évoqués en partie (grand pectoral, grand dentelé : voir en 9.2.3.2). Restent les intercostaux.

⇒ *Les intercostaux* : Ils occupent les espaces entre les côtes et s'étendent du bord inférieur de la côte supérieure au bord supérieur de la côte sous-jacente. Ils sont inspireurs ou expirateurs.

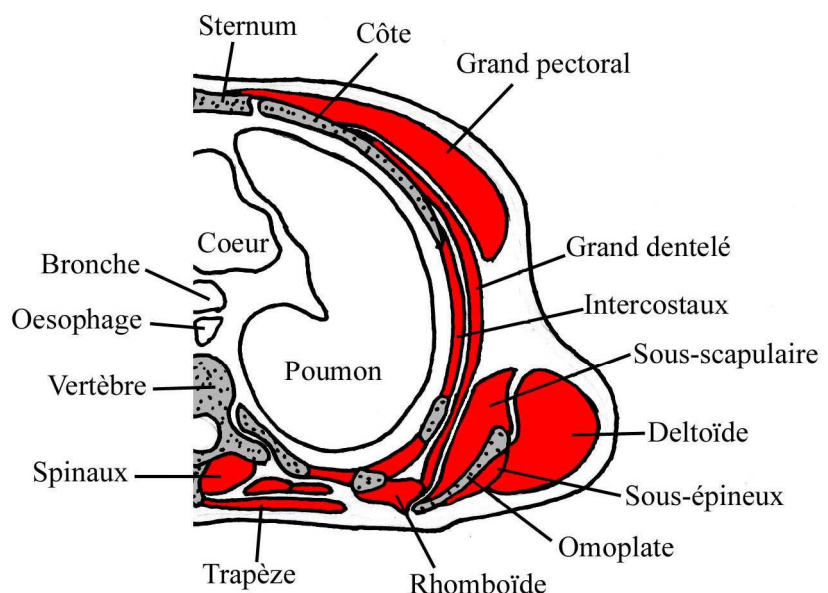


Figure 9.29. Coupe horizontale de l'hémi-thorax droit en dessous du creux axillaire (vue du dessus). On distingue les muscles du rachis dorsal, de la paroi thoracique et de l'articulation scapulo-thoracique de l'épaule.

En haut du thorax, et agissant sur lui, on trouve les muscles du cou que nous aborderons plus bas. La cavité thoracique est fermée en bas par un muscle essentiel, le diaphragme, qui la sépare de la cavité abdominale.

⇒ *Le diaphragme* : Très large, aplati et mince, ce muscle a la forme d'une voûte dont la convexité regarde en haut. Il s'implante sur le pourtour interne de l'orifice inférieur du thorax. C'est un inspireur essentiel qui, par sa contraction, agrandit les trois diamètres du volume thoracique : diamètre vertical par abaissement de la coupole diaphragmatique, diamètres antéro-postérieur et transversal par élévation des côtes inférieures.

9.3.6.3. Le rachis dorsal du cycliste

Pendant le pédalage, le rachis thoracique participe au maintien de la position, peut-être plus passivement que le rachis lombaire. Mais il est un des relais entre les membres supérieurs et le bassin et il est accaparé par la respiration et le maintien d'une position favorable à l'inspiration. Les muscles para-vertébraux postérieurs interviennent notamment pour éviter que la cyphose dorsale ne s'accroisse (accentuation de la bosse du dos) et limite, de ce fait, les mouvements inspiratoires.

9.3.7. MOBILISATION DU RACHIS CERVICAL ET DU COU

9.3.7.1. Description du rachis cervical

Le rachis cervical est composé de sept vertèbres. En position debout, il présente une courbure concave en arrière, la lordose cervicale. Les deux premières vertèbres, atlas et axis, forment avec l'os occipital de la base du crâne un ensemble articulaire complexe à trois degrés de liberté. Les cinq vertèbres suivantes font la liaison avec le rachis dorsal.

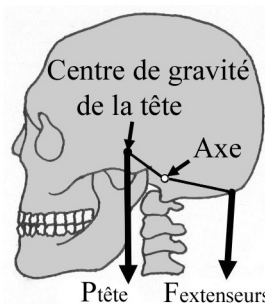


Figure 9.30. Le levier inter-appui mû par les extenseurs du cou.

Les amplitudes de mouvement sont donc importantes au niveau du seul rachis cervical : Jusqu'à 130° pour la flexion-extension (1/3 en flexion et 2/3 en extension). Environ 45° d'inclinaison latérale de chaque côté. Et 80 à 90° de rotation de la tête de chaque côté.

La tête n'est pas tout à fait en équilibre sur les deux premières vertèbres cervicales, alors qu'elle pèse de 7 à 8 % du poids du corps. Debout, le regard horizontal, la verticale du centre de gravité de la tête passe quelques centimètres en avant de l'axe de flexion-extension du complexe articulaire formé par l'occipital, l'atlas et l'axis (figure 9.28). Les muscles de l'extension sont donc en permanence sollicités. Il s'agit d'un des rares leviers inter-appui du corps humain (avec le triceps sural sur la cheville - voir en 3.2.1).

9.3.7.2. Les muscles du rachis cervical (figure 9.29)

Ce sont les muscles postérieurs, qui assurent l'extension du cou. Ils se répartissent en plusieurs plans. Le plan superficiel est celui qui a le meilleur bras de levier, il est composé des deux trapèzes.

⇒ *Le trapèze* : C'est un muscle triangulaire qui s'oppose par sa base, le long du rachis, à son homologue controlatéral. Il s'étend de l'os occipital, des 7 vertèbres cervicales, des 10 ou des 12 premières vertèbres dorsales jusqu'à l'omoplate et la clavicule. Les deux trapèzes jouent un rôle très important par rapport au maintien de la tête et à la stabilité du tronc et des deux épaules. Ils sont des muscles fondamentaux du cycliste.

Nous n'entrerons pas dans le détail des autres muscles du cou qui selon leur situation en avant ou latérale, sont fléchisseurs, inclinent la tête de leur côté, ou sont rotateurs de la tête. Nous n'en citerons que deux, particulièrement importants :

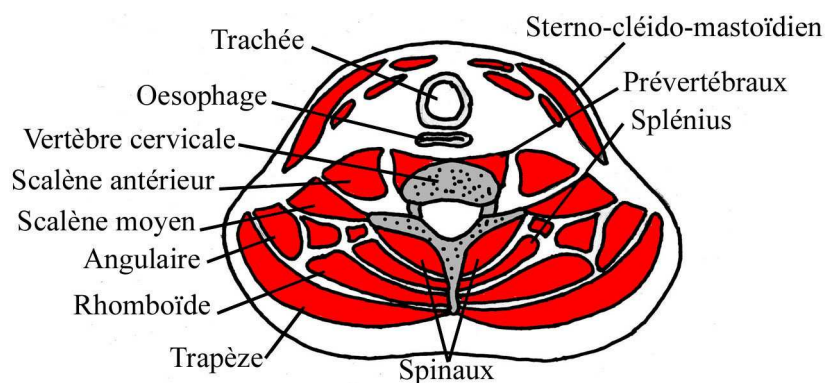


Figure 9.31. Coupe horizontale du cou. Noter l'importance du muscle trapèze.

- ⇒ *Les scalènes* : Prenant leur insertion supérieure sur les apophyses transverses des vertèbres cervicales (de la deuxième à la septième) et se terminant sur les première et deuxième côtes, ils inclinent la tête de leur côté et la font tourner du côté opposé. En prenant leur point d'appui sur le rachis, ils sont inspireurs.
- ⇒ *Le sterno-cléido-mastoïdien* : Il s'étend, de chaque côté du cou, de la base du crâne (occipital et apophyse mastoïde, « bosse osseuse » que l'on sent bien sous l'oreille) à la clavicule et au sternum. Ce muscle est fléchisseur de la tête et la fait tourner du côté opposé. En prenant son appui sur la tête, par blocage des extenseurs par exemple, il devient un muscle inspireur en élevant les côtes et le sternum.

9.3.7.3. Le rachis cervical du cycliste

Le rachis cervical ne participe pas directement à l'effort de pédalage, comme les rachis dorsal et lombaire. Sa mission particulière est de maintenir la tête et de lui permettre de se placer toujours de la manière la plus adéquate. Il est dangereux et vain de mettre en mouvement le vélo si l'on ne sait pas où l'on est et où l'on va. Il vaut mieux voir la route, les obstacles, les voitures ou les autres cyclistes... Il faut pouvoir diriger, freiner... Pour remplir ces tâches il faut avoir toute sa tête et que celle-ci soit bien positionnée et mobile.

À bicyclette, le tronc est incliné en avant et le cycliste continue à regarder devant lui. Le rachis cervical est donc en extension, voire en hyper-extension, la lordose cervicale est plus marquée. Et le déséquilibre de la tête s'accroît. Les muscles extenseurs sont d'autant plus sollicités, notamment le trapèze.

9.4. LES MOUVEMENTS DU PÉDALAGE NE SE DÉROULENT PAS DANS DEUX PLANS SAGITTaux

En fait, le mouvement de pédalage ne se déroule pas dans un plan, qu'il soit sagittal ou non.

9.4.1. IL Y A DES RAISONS MÉCANIQUES

L'écartement des deux pédales est variable selon le nombre de plateaux, selon le profil des manivelles ou la longueur de l'axe de pédalier. Il ne correspond de toutes manières pas au diamètre fonctionnel entre les deux hanches. Si le pédalage se fait dans un plan, celui-ci n'est donc pas parallèle au plan sagittal.

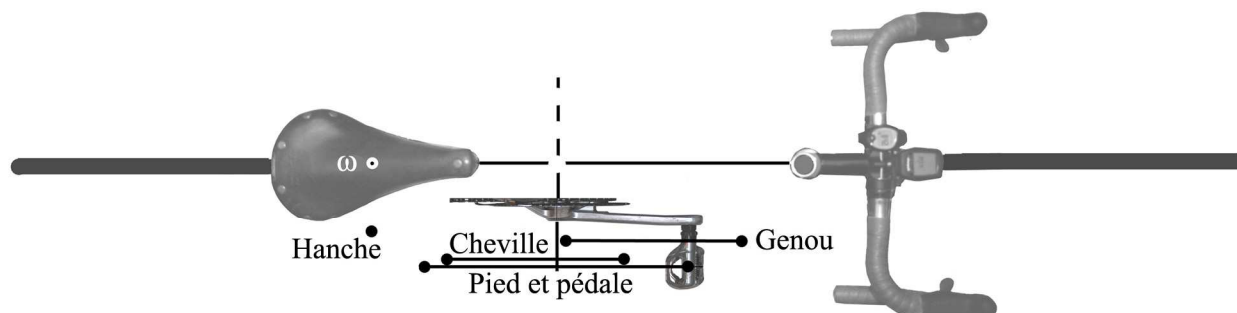


Figure 9.32. Projections simplifiées des mouvements des trois articulations du membre inférieur, vues du dessus. La hanche H est fixe, la pédale P suit l'obligatoire cercle sagittal de sa révolution. Entre les deux, la cheville C et surtout le genou G se ménagent avec un maximum de précautions.

La figure 9.30 montre les mouvements du genou G, de la cheville C et de la pédale P, vus d'en dessus. Le point H est fixe, en théorie. Le point P est mobile autour de l'axe du pédalier, dans un plan sagittal ne contenant pas H. Rappelons que la révolution des deux pédales P est contrainte, obligatoirement plane et sagittale. La distance HP variant au cours du cycle de pédalage, on peut donc affirmer que l'éventuel plan de pédalage change d'inclinaison par rapport au plan sagittal selon le degré de révolution de la pédale. Le mouvement de pédalage ne se déroule donc ni dans le plan sagittal, ni même dans un seul et même plan.



Chez Maurice, la distance entre les centres des deux hanches H (c'est le centre de la sphère qui forme la tête du fémur) est de 180 mm.
Avec son triple plateau, la distance entre les pédales P (mesurée sur l'axe de la cale) est de 265 mm : Celle de gauche est à 130 mm du plan sagittal, celle de droite à 135 mm.

9.4.2. DES RAISONS ANATOMIQUES

Dans le système mécanique du pédalage, formé par cinq axes et quatre leviers, deux axes sont fixes (la hanche et l'axe de pédalier), un est sur une trajectoire obligatoire (la pédale). Seules les articulations du genou et de la cheville peuvent se déplacer latéralement, à condition qu'elles en aient la possibilité. La rotation axiale de la jambe sur un genou fléchi (voir en 4.3.3) et les mouvements de l'articulation sous-astragaliennne permettent en effet des mouvements latéraux de ces deux articulations. Mais ils ne sont pas indépendants. Quand l'une des articulations se déplace dans un sens, en dedans ou en dehors, l'autre le fait dans l'autre sens, obligatoirement.

De plus, nous avons vu en 4.3.7 que le début de la flexion du genou s'accompagne d'une discrète rotation interne du genou portant le talon en dehors. Elle est accompagnée par la prédominance des muscles rotateurs internes sur les rotateurs externes. Mais elle ne doit pas intervenir si la hauteur de la selle est correcte. En effet, avec une bonne hauteur de selle, la flexion du genou est supérieure à 30° , alors que la rotation automatique ne se produit que dans le début de la flexion.

Il faut néanmoins être prudent dans l'utilisation de cales sous les chaussures, notamment chez les cyclistes qui pédalent avec une selle trop haute, défaut très fréquent. En effet, leur genou n'est pas assez fléchi en position basse de la pédale (voir en 8.3.5) et ils sont dans la zone de rotation automatique du genou (voir en 4.3.7). Il faut utiliser des pédales et des cales qui laissent au pied une liberté angulaire suffisante pour ne pas contrarier un éventuel mouvement automatique. Car si le pied est fixé d'une manière rigide dans le sens longitudinal, c'est au niveau du genou que les souffrances vont apparaître. Si la rotation automatique du genou se produit, elle va provoquer une trajectoire sinueuse de la cheville que l'on peut mettre en évidence sur les vues du dessus et de l'arrière. La cheville sera plus en dedans au bas de la révolution de la pédale et plus en dehors en haut. Mais ce phénomène peut être contrarié par les raisons musculaires.

9.4.3. ET DES RAISONS MUSCULAIRES

En dehors du quadriceps crural qui n'est qu'extenseur du genou (et que fléchisseur de la hanche par le droit antérieur), les muscles du pédalage ont tous des actions secondaires, nous les avons évoquées au chapitre 6. Faisons-en la synthèse dans le tableau VII pour les seuls muscles du genou et de la hanche. Nous reviendrons plus bas sur les muscles de la cheville. Rappelons que les mouvements de rotation du genou ne sont possibles que s'il est fléchi.

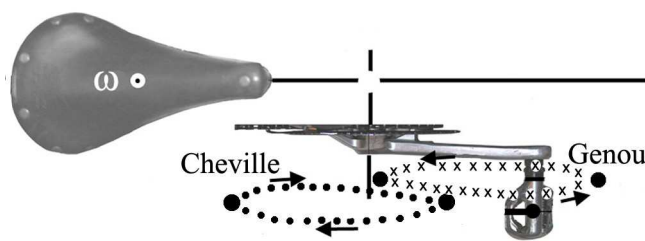


Figure 9.34. Mouvements schématisés de la cheville et du genou, vus du dessus.

Les muscles ischio-jambiers, les adducteurs et le carré crural sont des extenseurs de la hanche. Ils sont aussi adducteurs car ils portent le genou en dedans. Au cours du pédalage ils vont donc contribuer à la descente de la pédale en avant et, ce faisant, déplacer légèrement le genou vers le cadre. Les fessiers qui sont extenseurs et abducteurs (ils écartent le genou) vont compenser, en tout ou partie, ce mouvement d'adduction.

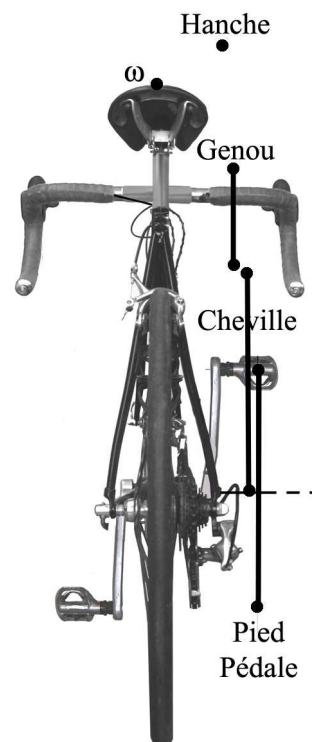


Figure 9.33. Même chose qu'en 9.32, mais vu de dos.

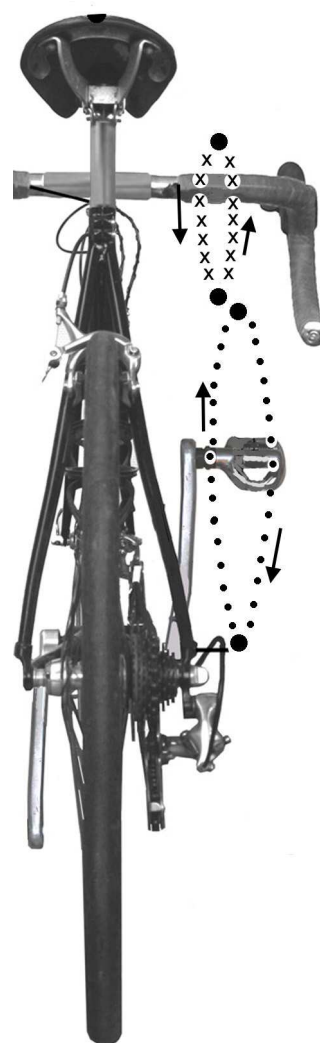


Figure 9.35.

Les rotateurs externes de la hanche sont plus nombreux et beaucoup plus puissants que les rotateurs internes. Pendant l'extension de la hanche, leur action se fera sentir autour d'un axe HP, à cause de la position obligatoire du pied sur la pédale. Ils auront ainsi tendance à pousser le genou en dehors et le talon en dedans. Au total, dans un pédalage techniquement parfait, tous ces mouvements annexes doivent s'équilibrer. Sinon, ils parasitent le mouvement utile. Le bon mouvement du sportif est simple et beau, c'est un principe général que nous n'avons cessé d'affirmer. Mais il ne faut pas, sous prétexte de pureté du geste, mettre le genou en danger. C'est la seule articulation vraiment exposée. De légers mouvements latéraux sont inévitables : les figures 9.32 (vue du dessus) et 9.33 (vue de l'arrière) montrent un exemple de ce que peuvent être ces mouvements chez un cycliste qui porte son genou en dedans pendant l'extension. Si l'orientation du pied est trop contrainte par des cales sans jeu latéral, le genou va, là encore, en subir les répercussions et travailler dans des conditions défavorables.

		Abduction	Adduction	Rotation externe	Rotation interne
Fléchisseurs du genou : autres actions sur le genou	Biceps crural			+	
	Demi-tendineux				+
	Demi-membraneux				+
	Droit interne				+
	Couturier				+
	Poplité				+
Extenseurs de la hanche : autres actions sur la hanche	Grand fessier	+		+	
	Moyen fessier (fibres antérieures)	+			+
	Moyen fessier (fibres postérieures)	+		+	
	Petit fessier (fibres antérieures)	+			+
	Petit fessier (fibres postérieures)	+		+	
	Carré crural		+	+	
	Grand adducteur		+	+	
	Moyen adducteur		+		
	Petit adducteur		+		
	Demi-membraneux		+		
	Demi-tendineux		+		
	Biceps crural		+		
	Droit interne		+		
Fléchisseurs de la hanche : autres actions sur la hanche	Moyen fessier (fibres antérieures)	+			+
	Moyen fessier (fibres postérieures)	+		+	
	Petit fessier (fibres antérieures)	+			+
	Petit fessier (fibres postérieures)	+		+	
	Tenseur du fascia lata	+			+
	Moyen adducteur		+		
	Petit adducteur		+		
	Droit interne		+		
	Pectiné		+	+	
	Couturier	+			+
	Psoas iliaque		+	+	

Tableau VII : Actions secondaires des muscles de la hanche et du genou.

9.5. L'ENSEMBLE PIED-CHAUSSURE-PÉDALE N'EST PAS TOUJOURS SOLIDAIRE, PASSIF ET RIGIDE

Les semelles rigides des chaussures cyclistes de compétition permettent de ne pas solliciter les articulations du pied. Cela entraîne une réelle économie d'énergie musculaire et une amélioration de l'efficacité du geste. Le cyclotouriste n'a pas les mêmes objectifs. Son effort est modéré, il n'est pas tout le temps sur son vélo, il souhaite aussi pouvoir marcher pour visiter une cathédrale, entrer dans un restaurant...

Sil ne passe pas l'intégralité de son temps à pédaler, il reste souvent plus longtemps sur sa bicyclette qu'un coureur. Il va donc utiliser des chaussures plus souples et plus confortables, dans lesquelles ses pieds vont être à l'aise.

Le genou ne supporte pas que la chaussure soit bloquée sur la pédale, tant pour des raisons anatomiques que musculaires, nous venons de le voir. Autant en cyclotourisme qu'en compétition, il ne faut donc utiliser que des pédales et des cales laissant au talon un jeu latéral d'environ cinq degrés de chaque côté. Enfin, les articulations du pied, notamment l'articulation sous-astragalienne ou astragalo-calcaneenne, ne sont pas totalement passives. Les muscles de la flexion extension de la cheville ont sur le pied des actions secondaires. Elles sont exposées dans le tableau ci-dessous.

Intéressons-nous, pour l'exemple, au seul muscle de la cheville vraiment utile au pédalage : le triceps sural. Au-delà de 30° d'extension de la cheville, il a une composante nette d'adduction et de supination du pied, dont il oriente la plante en arrière et en dedans, en agissant sur l'articulation sous-astragalienne. Si l'avant-pied est fixé sur la pédale, la contraction extrême du triceps portera le talon en dehors et, conséquence mécanique, le genou en dedans... Cela peut arriver si la selle est trop haute ou pendant le pédalage en danseuse.

		Abduction	Adduction	Pronation	Supination
Extenseurs	Triceps sural		+		+
	Jambier postérieur		+		+
	Long fléchisseur des orteils		+		+
	Long fléchisseur du gros orteil		+		+
	Court péronier latéral	+		+	
	Long péronier latéral	+		+	
Fléchisseurs	Jambier antérieur		+		+
	Extenseur propre du gros orteil		+		+
	Extenseur commun des orteils	+		+	
	Péronier antérieur	+		+	

Tableau VIII : Actions secondaires des muscles extenseurs ou fléchisseurs de la cheville.

9.6. EN CONCLUSION, ÇA PÉDALE QUAND MÊME MAIS IL FAUT PRENDRE DES PRÉCAUTIONS

Il apparaît que les quatre hypothèses initiales posées au chapitre 1 ne sont pas exactes. Mais elles ont été opérationnelles et les petites corrections qu'il faut leur apporter ne changent rien à la qualité du raisonnement que nous avons utilisé et à la véracité de nos conclusions ou propositions. Il ressort cependant deux grandes propositions pratiques de ce chapitre de vérification des hypothèses.

La première, c'est que la solidarité de tous les muscles de l'organisme est nécessaire au bon fonctionnement des membres inférieurs. Il ne suffit pas de bien régler la position de la selle et de choisir la bonne longueur des manivelles pour bien pédaler. Il faut encore assurer une accroche correcte des mains sur le cintre pour mettre « la partie haute » du corps en bonne position. Nous reverrons ce problème au chapitre 15, à propos de la position à bicyclette. La deuxième conclusion, c'est que le pied doit rester relativement libre. Comme la liberté de flexion extension de la cheville est essentielle au pédalage, nous l'avons vu au chapitre 8, une certaine liberté du pied sur la pédale est capitale pour respecter le fragile genou du pédaleur. Le cyclisme est décidément un sport de liberté !

